第32卷 第3期 昆 虫 学 报 Vol. 32, No. 3
1989年8月 ACTA ENTOMOLOGICA SINICA Aug., 1989

# 夜蛾复眼转化速度与光暗适应的时间关系

高 慰 曾
(中国科学院动物研究所，北京)

**摘要** 夜行蛾类的复眼，随光、暗适应时间而逐步转化，这种转化是可逆的。以屏蔽色素分布范围的大小为指标来判断复眼的转化速度得以下结果：1.从亮眼到暗眼：亮眼进入暗适应后其屏蔽色素随暗适应时间的增加而逐步向远心端方向集中。屏蔽色素的移动是减速进行的。暗适应开始后的前3分钟，每分钟移动百分率为10.7，当暗到10—15分钟时每分钟移动百分率为4.6，再暗到60—150分钟时每分钟移动百分率为0.7。屏蔽色素移动的速度个体间差异较大，完成全过程大多数个体需150分钟，少数个体只需60分钟，另有个别个体经过270分钟暗适应仍尚未完成全过程。2.从暗眼到亮眼：暗眼受光后，其屏蔽色素随光适应时间的增加而向近心端方向扩散，色素移动速度随时间的增加而减缓。转化全过程约需60分钟。

**关键词** 复眼 屏蔽色素

棉铃虫(*Heliothis armigera* Hübner)和烟青虫(*Heliothis assulta* Guenee)等夜行昆虫的复眼在光线充足的环境中，其外观多呈亮绿色，中间为黑色，这种状态的眼称为“亮眼”或“昼眼”。到了夜晚无光或者只有微弱光的暗处，复眼逐步变为黑色，中间红而亮，此时的眼称为“暗眼”或“夜眼”。复眼由绿到黑的转化是逐步的，也是可逆的。这种变化的原因是色素移动所致，引起变化的必要条件是光、暗作用的时间。

亮眼和暗眼在内部形态上的主要区别是屏蔽色素分布范围的不同。亮眼色素的分布有两种状态；其一，均匀的分散在晶锥远端至视杆远端的小眼之间(图1: 1)；其二，分散在晶锥近端至视杆远端(图2: 1)。上述两种分布均占色素移动范围的80%左右。暗眼的色素多集中在晶锥周围(图3: 1)或近端，其范围仅占上述区域的20%。

复眼光、暗适应程度不同，其功能也不同。陈元光等(1963)用电生理的方法测出不同暗适应的粘虫(*Leucania separata* Walker)蛾眼对电感的灵敏度不同；Agee (1972)也曾用上述方法对美国棉铃虫(*Heliothis zea*)蛾和美国烟青虫(*Heliothis virescena*)蛾不同光、暗适应的复眼进行了测量比较，也说明了这一点。李典谟等(1977)报道了不同程度暗适应的烟青虫复眼其反射光强度不等。

亮眼和暗眼由于功能上的差异导致了行为上的不同。侯无危等(1979)在对棉铃虫复眼的研究工作中指出，在弱光情况下，复眼的暗适应时间越长，趋光性越强。马幼飞等(1981)用发光液作示踪标记，对粘虫蛾在田间诱虫灯区飞行方向的试验结果指出，蛾子的向光飞或避光飞与复眼光、暗适应程度相关。上述情况说明了光暗适应时间，直接影响着复眼转化，而复眼转化程度又决定着趋光行为。因此，无论是从理论上进一步探明上灯原理，或者在治虫实践中能够科学地通过调节光照时间，控制环境亮度，而促成大量的向灯

本文于1986年11月收到。
本项工作承蒙陈宁生先生指导，侯无危同志审阅文稿，特此致谢。

飞个体，使其上灯被捕，或者促成大量的避光飞个体，使之远离灯防区，从而使灯光治虫在综合防治中发挥高效作用，都需要掌握和查清复眼转化过程中的一些方法。本项工作仅就由亮眼到暗眼和由暗眼到亮眼两个过程的历时及其转化速度问题进行了研究。复眼内屏蔽色素分布范围的大小标志着复眼的转化程度。因此，以这一形态指标作为检查复眼转化程度的依据。

## 亮眼变暗眼的转化速度

方法：将健壮的棉铃虫蛾置 200 勒克斯的光照箱中照 60 分钟，选取典型亮眼分 15 组，每组 10 头。当即用 Súsa 液固定一组为亮眼，其余置暗中，在暗适应后的 5、10、20、30、40、60、80、100、120、150、180、210、240 和 270 分钟各固定一组，共 15 个处理。又以烟青虫蛾为材料，用相同方法作 9 个处理（见表 1）。以上处理均在 25℃ 室温中进行。将上述两种处理过的材料用一般石蜡切片法制成 5 微米厚的切片，在显微镜下进行观察、比较和测量。以色素分布占晶锥远端至视杆远端这一区域百分数的 10 头平均值作为不同程度光、暗适应的形态指标。

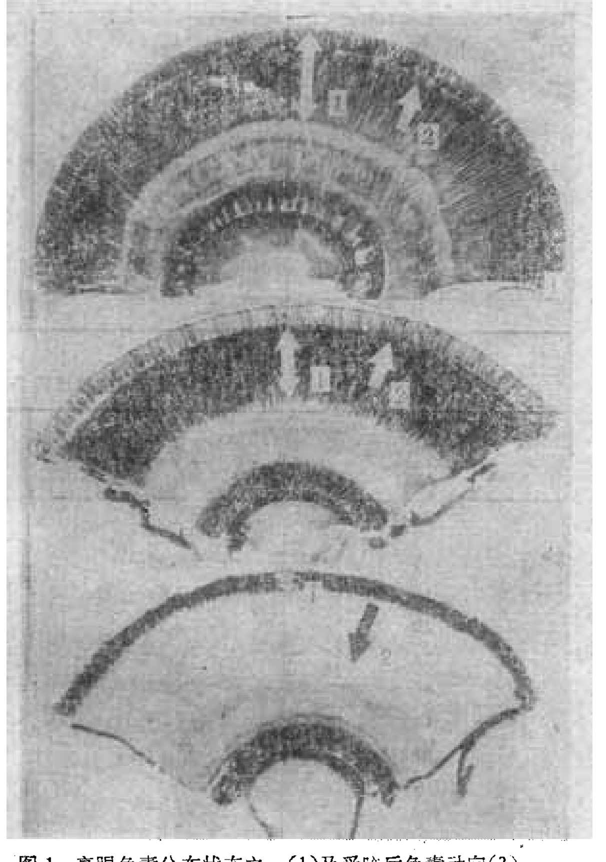



图 1　亮眼色素分布状态之一(1)及受暗后色素动向(2)
图 2　亮眼色素分布状态之二(1)及受暗后色素动向(2)
图 3　暗眼色素分布状态(1)及受光后色素动向(2)

实验中所用棉铃虫蛾是在室内用人工饲料养得。所用烟青虫蛾是在北京郊区采得老熟幼虫在室内养至成虫。

结果：上述各处理分别测得其晶锥远端至视杆远端之间的长度（微米）和色素在该区域内的分布长度（微米），而后计算得出色素分布百分数及其移动情况，分别列于表 1 及表 2。

上述结果表明以下几点：

1. 亮眼进入暗适应后，其屏蔽色素随暗适应时间的增长而逐渐向远心端方向集中（图 1：2 和图 2：2）。

2. 屏蔽色素的移动是减速进行的。以烟青虫为例，在暗适应开始的前 3 分钟，色素移动就达到了总移动距离的 32.1%，在此期间每分钟移动的百分率为 10.7，当暗适应进行到 10—15 分钟时色素移动距离为 69.7%，在这段时间内每分钟移动百分率为 4.6；当暗适应进行到 60—150 分钟之间的 90 分钟内，色素移动的距离仅占总移动量的 4.2%，其每分钟的移动百分率仅有 0.7。

3. 屏蔽色素的移动速度存在着明显的个体差异：　亮眼进入暗适应经过 150 分钟后，

表 1 烟青虫暗适应历时与色素移动

| 暗适应历时（分钟） | 色素分布%（平均值） | 色素移动%（平均值） | 每分钟移动%（平均值） |
|---|---|---|---|
| 0 | 86.8 | | |
| 3 | 70.2 | 32.1 | 10.7 |
| 5 | 64.3 | 43.5 | 8.7 |
| 10 | 54.6 | 62.3 | 6.3 |
| 15 | 50.8 | 69.7 | 4.6 |
| 30 | 44.2 | 82.5 | 2.8 |
| 45 | 40.1 | 90.4 | 2.0 |
| 60 | 37.3 | 95.8 | 1.6 |
| 150 | 35.1 | 100.0 | 0.7 |

表 2 棉铃虫暗适应历时与色素移动

| 暗适应历时（分钟） | 色素分布%（平均值） | 色素移动%（平均值） | 每分钟移动%（平均值） |
|---|---|---|---|
| 0 | 86.92 | 0 | 0 |
| 5 | 78.89 | 14.00 | 2.80 |
| 10 | 72.81 | 29.60 | 2.96 |
| 20 | 53.15 | 58.88 | 2.94 |
| 30 | 48.40 | 67.17 | 2.24 |
| 40 | 46.23 | 69.75 | 1.74 |
| 60 | 45.54 | 72.15 | 1.20 |
| 80 | 43.62 | 75.50 | 0.94 |
| 100 | 42.10 | 78.15 | 0.78 |
| 120 | 40.77 | 80.47 | 0.67 |
| 150 | 37.78 | 85.68 | 0.56 |
| 180 | 35.77 | 89.19 | 0.50 |
| 210 | 35.15 | 90.20 | 0.43 |
| 240 | 34.57 | 91.78 | 0.38 |
| 270 | 29.57 | 100.00 | 0.37 |

大多数虫眼的屏蔽色素都已集中到了晶锥周围，处于充分暗适应状态，而一些个体当暗适应进行到 60 分钟时就完成了从亮眼到暗眼的转化。同样情况下，当暗适应到 270 分钟时另有少数个体仍未完成这一转化过程。个体间差异明显的现象与用反射光方法测得的结果是一致的。(李典谟等，1977)。

## 暗眼变亮眼的转化速度

材料、方法同上。将羽化后 3—4 天的健壮蛾子，置 200 勒克斯光照箱中经一小时光处理，选取转化一致的典型绿眼 90 头，分 9 组，每组 10 头。置暗中 4 小时后固定一组作为暗眼，其他给光照，光照开始后分别在 3、5、10、15、20、30、50 和 60 分钟各固定一组，并记录其色泽变化，制片、色素移动的观察、测量等方法同前。

结果：外部色泽变化：暗眼的颜色周围黑而亮，中间有红而亮的光斑；光照 3 分钟后，大多数复眼为暗褐色无光泽，中心部分不明显；光照 5 分钟后为灰绿色无光亮，中心部位仍不明显；光照 15 分钟后，周围为浅绿色有光泽，较亮，中心部位隐约可见；光照 30 分钟其周围为绿色亮而有光，中心部位显而易见，继续光照，色泽不再变化。色素分布的变化：暗眼受光后其屏蔽色素向近心端方向移动(表 3，图 3：2)。

表 3　棉铃虫光适应历时与色素移动

| 光照历时(分钟) | 色素分布(平均值) | 色素移动%(平均值) | 每分钟移动%(平均值) |
|---|---|---|---|
| 0 | 18.07 | 0 | 0 |
| 3 | 28.67 | 15.40 | 5.16 |
| 5 | 29.73 | 17.04 | 3.41 |
| 10 | 31.92 | 20.24 | 2.04 |
| 15 | 37.46 | 28.33 | 1.89 |
| 20 | 41.55 | 34.31 | 1.72 |
| 30 | 53.34 | 51.54 | 1.72 |
| 50 | 76.49 | 85.37 | 1.70 |
| 60 | 86.50 | 100.00 | 1.67 |

上述结果表明：1. 由暗眼到亮眼的过程中，屏蔽色素分布范围的大小，随光适应时间的增加而逐步向近心端方向扩大。2. 色素移动是减速进行的，减速的幅度是开始大，越往后越小，10 分钟后减速不明显。3. 由暗眼到亮眼的转化速度从外部色泽上来看一般只需 30 分钟，而从色素移动来看，其全过程大约需 60 分钟才能完成。

复眼由暗眼到亮眼或由亮眼到暗眼的转化除了受光、暗条件的直接作用外，还受虫体本身生理状况及环境温度等的影响。蛾子的趋光行为除了决定于复眼的光、暗适应状况和诱虫光源的波长，强度等因素外，还受环境温、湿度，风、月、星光等自然环境因素的影响。因此，在利用灯光治虫的工作中必须从虫体本身、诱虫光源、自然环境等三个方面去选择和创造有利条件，才能获得最佳效果。

## 参　考　文　献

陈元光、钦俊德　1963　粘虫成虫复眼暗适应的电生理研究。昆虫学报 **12**(1)：1—9。
侯无危、贺小威　1979　夜蛾趋光特性研究：复眼转化过程中的行为变异。昆虫学报 **22**(1)：34—40。
李典谟、马幼飞　1977　夜蛾趋光特性研究：复眼反射光的变化和上灯概率分析。昆虫学报 **20**(2)：128—34。
马幼飞等　1981　应用化学发光液探索粘虫在灯区的飞行动向。昆虫知识 **18**(3)：105—7。
Agee, H. R. 1972 Sensory response of the compound eye of adult *Heliothis zea* and *H. virescens* to ultraviolet stimuli. *Ann. Entom. Soc Amer.* **65**(3): 701—5.

# THE RELATION BETWEEN TRANSITIONAL SPEED AND THE TIME OF LIGHT ADAPTATION OF NOCTUID COMPOUND EYES

GAO WEI-ZENG

*(Institute of Zoology, Academia Sinica, Beijing)*

The compound eye of noctuid moths can undergo transition step by step duting the course of light or dark adaptation which is a reversible process influenced by environmental conditions. The rates of transition of the compound eyes of *Heliothis armigera* and *H. assulta* in relation to the distribution of the screening pigment were studied by examination on microscopically prepared materials in different state of light adaptation. The results are as follows.

1. From day eye to night eye: When the day eye is exposed to dark environment, the screening pigment moves to the distal end of each ommatidium. The speed of pigment movement decreases progressively. In the first three minutes of dark adaptation, the prepared material shows that the percentage of moved pigment per minute is 10.7%, after 10 to 15 minutes it changes to 4.6%, and after 60 to 150 minutes it is reduced to 0.7%. Individual variations are very conspicuous in the two species examined. Most moths need darkness for 150 minutes to complete the transition, a minority 60 minutes and a few do not complete the process even after 170 minutes in darkness.

2. From night eye to day eye: After night eye is exposed to light in bright environment, the screening pigment extends to the proximate end of each ommatidium with increase of light adaptation time. But the speed of pigment movement decreases during the course of adaptation. It needs about 60 minutes to complete the transition.

**Key words** compound eye——screening pigment